微量元素對水稻苗床之影響

第二報　單用微量元素對稻苗生育之效果（水耕試驗）

徐 水 泉　邱 再 發

一、前　　言

微量元素對水稻生育頗有影響，適當的施用有顯著的效果。近年來在日本所謂秋落水田之錳、鐵、矽之施用甚爲普遍[1]。將來應用微量元素對水稻增產是不能忽視的。至現在必須性微量元素可列爲鐵、錳、硼、鋅、銅、鉬六種，但由植物營養研究之迅速發展，不久將來另有許多必須元素之發見至有可能。

在臺灣關於水稻肥料施用之試驗已有很多，且有成效，其中微量元素對於水稻生育之影響研究亦有少數。但當時因微量元素研究尚未十分發展，如微量元素在土壤中形態變化，對植物生理的機能等尚未充分判明，故對於試驗結果未免有粗略之嫌。但從實用方面觀之則其結果亦有頗值注意的。即 1938 年德岡、徐兩氏[2]對水稻施用銅元素進行水耕試驗發表銅對水稻培養液之適當濃度是 Cu0.005～0.01 ppm，而超過 0.05 ppm 時就呈毒害，在 1 ppm 時水稻成熟前就枯死。如適量的施用 0.005 ppm 時對水稻一般生育均有效果，據分析結果根部比地上部銅含量較多。德岡、緒岡兩氏[3]進行鋅對水稻之試驗發表，適量之鋅可促進水稻生育及稻谷之收量。毒害限界濃度在培養液爲 5 ppm，在土壤爲 1,000 ppm。德岡、徐[4]繼續試驗，報告供給適量之硼可促進水稻生育，即培養液濃度 B 10 ppm 以下有效果，但超過 10 ppm 就呈現毒害而至 20 ppm 就足以致命。1940年德岡、魚兩氏[5]發表錳在土壤中至 300 ppm 對水稻有效果而超過 600 ppm 則減少收量。

其他另有許多研究但對幼苗施用微量元素之試驗極少。事實上苗床時期管理完善者可得健全之幼苗而可使谷收量增加甚多，故設法培育健苗誠爲至善之法。據前報盆栽試驗結果[6]表示微量元素對稻苗之施用無論在插秧前後之生育狀況及稻谷之產量均有優良之效果，但其結果仍缺精密之資料。因此以水耕栽培舉行本試驗，其目的爲利用精確的水耕處理以闡明微量元素對水稻幼苗之影響如何以資將來應用之參考。本試驗除對錳元素較有詳細處理試驗之外，另對硼、銅、鋅、鉬、鈷等亦作簡單之試驗並分析水稻幼苗中之氮、磷、鉀、錳含量檢討錳施用對稻苗之三要素之吸收有無影響。

二、試 驗 方 法

本試驗以水耕法在玻璃室共舉行二次，第一次使用錳元素於民國42年 7 月30日播種，第二次使用錳、硼、銅、鋅、鉬、鈷六種元素處理，於民國43年 2 月20日播種，試驗方法如下。

（A） 培養液調製：　據春日井氏[7]水稻培養液處方調製原液，使用時再稀釋至如第 1 表所示之濃度，時常調節培養液之 pH 爲 5.5左右。

（B） 栽培容器：使用 500 ml 燒杯，上面蓋紗布，裝滿培養液後，於紗布上播種水稻種子臺中65號100粒。

（C） 培養液鹽類：　使用特級化學藥品，微量元素之鹽類種類如下，$MnSO_4 \cdot 7H_2O$, $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$, $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, $H_2MoO_4 \cdot H_2O$, $Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$。

（D） 水稻分析法：　水稻風乾後再經 70°C 熱乾，依 Wolf & Ichisaka 之迅速植物體分析法[8]及 Bismuthate[9]分別定量稻苗葉部及根部之氮、磷、鉀及錳含量。

表 1 水稻培養液的組成

Table 1. The composition of rice culture solution

鹽 類 Salt	量 Amount (mg/L)	要 素 Element	量 Amount (mg/L)
$(NH_4)_2SO_4$	142.8	N	30
KH_2PO_4	28.8	P_2O_5	15
KCl	31.7	K_2O	30
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	30.7	MgO	5
$CaCl_2 \cdot 2H_2O$	110.2	CaO	3
$FeCl_3 \cdot 6H_2O$	1.0	Fe_2O_3	0.5

三、試 驗 結 果

第一次試驗： 本次僅施用錳元素分為九種濃度處理，檢討對稻苗生育之影響，各區播種 100 粒二重複，播種二十二天後取樣，將每區幼苗調查其稈高、根長及重量等，茲將其平均調查結果列於下表：

表 2 錳對水稻幼苗生育之影響

Table 2. The effect of Mn on the growth of rice seedlings

區 別 Plot	處 理 Treatment	發 芽 率 Germination(%)	稈 高 (cm) Height of culm	根 長 (cm) Length of root	平均每枝風乾重量 (mg) Average wt. of 1 culm
0	Mn 0 ppm	90	12.7	14.0	25.0
1	Mn 1 ppm	91	13.2	14.0	25.4
2	Mn 2 ppm	91	13.0	14.5	25.4
3	Mn 5 ppm	89	12.0	14.1	24.5
4	Mn 20 ppm	88	12.3	14.2	23.1
5	Mn 50 ppm	90	11.7	14.1	22.7
6	Mn 100 ppm	92	11.4	13.5	21.0
7	Mn 200 ppm	90	10.8	13.0	20.3
8	Mn 500 ppm	80	7.8	12.1	17.5
9	Mn 1,000ppm	63	7.0	7.0	16.7

從播種至取樣有二十二天育苗期間以肉眼觀察結果 Mn 20 ppm 以上處理之稻苗均很明顯的其生育受阻害，葉部受毒害而捲縮 Mn 50 ppm 以上更顯著。Mn 500 ppm 及 1,000 ppm 之稻苗所受毒害特別厲害，尤其 1,000 ppm 處理區之稻苗在生育中途即已枯死。Mn 1 ppm 及 Mn 2 ppm 處理區都比對照區其，稈高、根長、重量均較佳。此表示錳之適量施用可促進稻苗之生育而可得健全之稻苗。總之，錳施用量至 2 ppm 對稻苗生育效果最佳，超過 2 ppm 時則漸欠佳，20 ppm 則生育更受阻害，而至 1,000 ppm 則致枯死。對稻種之發芽率至 Mn 200 ppm 影響極少而至 500 ppm 則顯著降低。

水稻苗以濕式灰化後分別以光電比色計定量氮[8] (使用 Modified Graves reagent)，磷[8] (使用 NH_4-molybdate amino-naphthol-sulfonic acid)，鉀[8] (使用 Na-cobaltinitrite)，錳[9] (使用 Na-bismuthate) 之含量，結果如表 3：

表 3 處理錳的稻苗中的氮、磷、鉀、錳含量(熱乾態百分率)

Table 3. The contents of N, P_2O_5, K_2O, Mn in rice seedlings treated with Mn (oven dry %)

區別 Plot	處理 Treatment	氮含量 N(%)		磷含量 P_2O_5(%)		鉀含量 K_2O(%)		錳含量 Mn(%)	
		葉 Leaf	根 Root	葉 Leaf	根 Root	葉 Lleaf	根 Root	葉 Leaf	根 Root
0	Mn 0 ppm	1.38	1.02	1.00	0.14	1.04	0.37	trace	trace
1	Mn 1 ppm	2.00	1.00	0.98	0.14	1.07	0.30	0.09	trace
2	Mn 2 ppm	1.94	0.89	0.89	0.11	1.17	0.27	0.12	trace
3	Mn 5 ppm	1.63	1.06	0.87	0.14	1.23	0.43	0.23	0.03
4	Mn 20 ppm	1.76	1.11	0.76	0.16	1.06	0.51	0.37	0.15
5	Mn 50 ppm	1.83	1.02	1.05	0.30	1.37	0.47	0.82	0.30
6	Mn 100 ppm	1.67	1.34	1.01	0.25	1.31	0.41	0.91	0.36
7	Mn 200 ppm	2.20	1.43	0.87	0.41	1.88	0.57	1.20	0.56
8	Mn 500 ppm	2.21	1.45	1.03	0.27	1.70	0.88	1.89	0.67
9	Mn 1,000ppm	2.67	2.08	0.80	0.46	1.64	1.25	2.13	0.92

據化學分析結果，稻苗中錳含量與培養液中錳施用量有顯著的正相關，即施用量愈多，稻苗中之含量也愈高。最高錳含量葉部達至 2.13%根部達至 0.92%。反之錳無施用區之稻苗不能檢出錳含量。依錳之施用葉部根部均有增加氮含量而鉀也稍有增加之傾向。關於磷含量則無明顯的傾向。由此結果錳處理似可增加稻苗之氮及鉀之吸收量。

第二次試驗： 第二次微量元素之幼苗水耕試驗於民國 43年 2 月20日播種，同年 3 月 31日取樣。施用錳、硼、銅、鋅、鉬、鈷六種元素。各元素分爲三種濃度探究其對稻苗生育之影響。取樣後進行生育調查及化學分析，其結果示於表 4。

表 4 各種微量元素對水稻幼苗之影響

Table 4. The effect of some minor elements on rice seedlings

區別 Plot	處理 Treatment	稈高 (cm) Height of culm	根長 (cm) Length of root	每枝重量 (mg) Average wt. of 1 culm	氮含量 N(%)		磷含量 P_2O_5(%)		鉀含量 K_2O (%)	
					葉 Leaf	根 Root	葉 Leaf	根 Root	葉 Leaf	根 Root
Check	No minor element	12.6	11.3	21.7	2.81	1.41	1.57	0.67	1.99	1.13
Mn 1	Mn0.5ppm	12.4	11.5	21.9	2.61	1.61	1.61	0.92	2.42	1.82
Mn 2	Mn 1ppm	14.0	11.0	21.8	2.91	1.71	1.57	0.91	2.25	1.56
Mn 3	Mn 10ppm	12.1	11.1	19.0	3.57	2.14	1.46	0.90	2.15	1.07
B 1	B 0.1ppm	11.6	10.4	21.7	2.89	1.68	1.57	0.69	2.30	1.45
B 2	B 1 ppm	12.6	11.1	22.5	2.51	1.43	1.60	0.88	2.51	1.81
B 3	B 5 ppm	13.1	10.2	20.0	2.78	1.66	1.61	0.89	1.66	1.47
Cu 1	Cu0.02ppm	12.2	10.5	20.9	2.66	1.68	1.56	0.92	2.06	1.62
Cu 2	Cu 0.1ppm	13.2	9.1	21.2	2.97	1.77	1.59	1.09	2.27	1.78
Cu 3	Cu 1 ppm	8.8	8.2	16.6	2.74	1.56	1.24	1.06	2.49	1.86
Zn 1	Zn0.02ppm	11.9	10.4	22.8	2.79	1.34	1.59	0.44	1.91	1.33
Zn 2	Zn0.1 ppm	12.3	10.7	21.6	2.89	1.62	1.57	0.92	2.31	1.16
Zn 3	Zn1 ppm	13.1	10.3	18.2	2.73	1.68	1.59	0.67	1.74	1.68
Mo1	Mo0.01ppm	12.4	10.9	22.1	2.43	1.46	1.57	0.49	1.76	1.19
Mo2	Mo0.1 ppm	12.5	10.9	16.9	2.93	1.59	1.57	0.89	2.13	1.57
Mo3	Mo1 ppm	12.2	10.4	18.2	2.26	1.54	1.16	0.69	2.08	1.10
Co 1	Co0.01ppm	12.7	10.0	21.4	2.70	1.44	1.57	0.69	2.24	1.65
Co 2	Co0.1 ppm	13.1	12.1	21.9	2.89	1.79	1.57	0.92	2.25	1.64
Co 3	Co1 ppm	12.7	10.5	20.1	3.02	1.73	1.60	0.68	2.17	1.49

第二次試驗有五十天育苗期間，據生育期間中觀察結果，微量元素少量施用區對水稻幼苗生育有良好影響，而各元素之多量施用區對水稻幼苗生育均有阻害作用，其中銅毒害最大，甚至Cu 0.1 ppm也呈現毒害。稻苗中之氮、磷、鉀分析結果，有些處理區其含量有明顯的增減，譬如 Mn 3 區之氮含量有顯著的增加，此結果與第一次試驗的錳處理結果完全一致。 Co3 區之氮含量也高，但所使用藥品爲硝酸鈷，所以可能是受了 NO_3 之影響。Mo3 區及 Cu3 區之磷含量有減少及 B3 區之鉀含量亦有減少。所以有些微量元素之高濃度處理似乎可影響稻苗對三要素之促進吸收或抑制吸收之傾向。

四、討　　　論

據本試驗結果錳確實對于水稻幼苗生育有效果，最佳培養液濃度爲 Mn 2 ppm，對稻苗生育 Mn 20 ppm 就呈現毒害，所以對錳的應用須要注意的。培養液錳濃度愈高，稻苗中錳含量也愈高，而氮含量也增加，又鉀含量稍有增加但對磷含量並無影響。按錳之功用爲對植物體內之酵素，觸媒作用及炭水化物代謝作用[10,11]有關係，稻苗增加氮吸收量是否爲錳直接影響所致，僅本試驗未能明瞭，仍有檢討之必要。

硼、銅、鋅、鉬、鈷也頗堪注目之微量元素。硼的功用爲關係植物的炭水化物及氮的新陳代謝 Reeve 及 Shive[12]兩氏曾發表硼、鉀、鈣之間有密切關係，謂鉀可促進硼之毒性而鈣爲緩和硼之毒性。銅與鋅爲植物體內氧化酵素之成分所以對氧化還元反應之關係甚大[13,14]。鉬對硝酸基變成胺基酸 nitrate assimilation 及蛋白質合成均有關係[15]。鈷雖然還未列爲植物必須元素但許多學者正在研究[16]。依本試驗此等元素對稻苗生育之影響均有良好。但因試驗簡單未能得詳細結果，譬如銅，鉬是否確實仰制稻苗之磷吸收量，硼仰制鉀吸收量，均須要再詳細精密試驗才能明瞭。

五、摘　　　要

爲明瞭施用微量元素對稻苗生育之影響，於玻璃室舉行苗床水耕試驗。使用燒杯爲水耕容器，上面蓋紗布裝滿培養液然後播種。

依適量之錳處理，稻苗生育良好比對照區(無錳)確實可得健全之稻苗。錳之適當濃度爲 Mn 2 ppm，而超過 20 ppm 就呈現毒害，1,000 ppm 則致枯死。於 Mn 20 ppm，稻葉開始向中葉脈捲縮生長受阻害，此毒害現象在 50 ppm 以上時更厲害。錳濃度至 200 ppm，稻種發芽率無受影響，而超過 500 ppm 就降低。

化學分耕結果，隨培養液錳濃度增加稻苗中錳濃度也增加有正相關，則葉部錳含量爲 trace～2.13％根部爲 trace～0.92％。受錳處理之稻苗氮含量增加而鉀含量也稍有增加之傾向，磷含量者無此傾向。

對硼、銅、鋅、鉬、鈷另進行簡單試驗，其適量之施用對稻苗生育影響良好。據稻苗中三要素分析之結果，銅及鉬高濃度處理區之磷含量及硼高濃度處理區之鉀含量均有減低。

参　考　文　獻

(1) 今泉吉郎(1956)：最近における要素缺乏の發生狀況，農業及園藝 31:137-140
(2) 德岡、徐(1937)：水稻の生育に對する銅の影響に就て，熱帶農學會誌 9:339-349
(3) 德岡、諸岡(1938)：水稻の生育に對する亞鉛の影響に就て，第1報 熱帶農誌 10:24-37, 第2報 日土肥會誌 12:211-344
(4) 德岡、徐(1936)：水稻の生育に對する硼素の影響に就て，第1報 日土肥會誌 10:189-200, 第2報 熱帶農誌 8:211-220, 第3報 熱帶農誌 10:151-157
(5) 德岡、魚(1940)：水稻の生育に對する滿俺の影響に就て，日土肥會誌 14:335-344
(6) 徐水泉(1952) 微量元素對水稻苗床之影響，農業研究 3:1，1-15
(7) 春日井新一郎(1939)：水耕法に關する研究，日土肥會誌 13

(8) WOLF, B. & ICHISAKA, V. (1947): Rapid chemical soil and plant tests. Soil Sci. 64:227–244.
(9) PEECH, M. & ENGLISH, L. (1944): Rapid microchemical soil tests. Soil Sci. 57:167–195.
(10) MC HARGVE, J.S. (1922): The role of manganese in plants. J. Am. Chem. Soc. 44:1598–98.
(11) SHIVE, J.W. (1941): Significant role of trace elements in the nutrition of plants. Plant Phy. 16:435–445.
(12) REEVE, E & SHIVE, J.W. (1944): Potassium-boron and calcium-boron relationships in plant nutrition. Soil Sci. 57:1–14.
(13) SOMMER, A.L. (1931): Copper as an essential element for plant growth. Plant Phy. 6:339–48.
(14) CAMP, A.F. (1945): Zinc as a nutrient in plant growth. Soil Sci. 60:157–164.
(15) EVENS, H.J. (1956): Role of molybdenum in plant nutrition. Soil Sci. 81:199–208.
(16) HILL, C. *et al* (1953): Cobalt Status of New Jersey Soil. Soil Sci. 76:273–284.

EFFECTS OF SOME MINOR ELEMENTS ON THE NURSERY BED OF RICE PLANTS

(II) Effects of Minor Elements on Rice Seedlings (Water Culture Experiment)

by

S.C. HSU. and T.F. CHIU.

SUMMARY

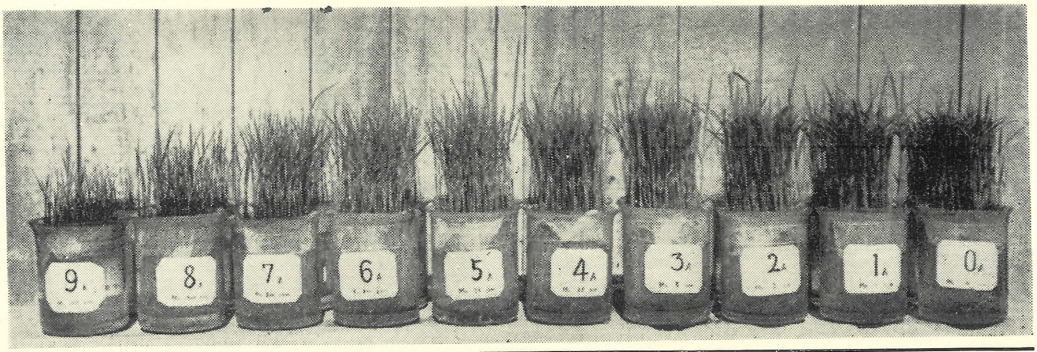
Water culture experiments were carried out for the purpose of ascertaining the effect of minor elements on the growth of rice seedlings. Beakers were used as water culture vessels. After laid the gauze on beakers for the germination beds, rice seeds were planted on them.

Rice seedlings in the treated plot, which the proper amounts of manganese were applied, grew better than the check plot. The optimum Mn concentration in culture solution for rice seedlings was 2 ppm. The treatment of Mn 20 ppm retard the growth of the plants and at Mn 1000 ppm all the seedlings were killed. It would be seen that even at Mn 20 ppm treatment the leaves rolled in towards the mid-rib and decreased the growth. This toxic symptom and decrease were particularly marked when the concentration of Mn rised from 20 to 50 ppm. The germination percentage of rice seeds was affected at the level of Mn 500 ppm but not at below 200 ppm.

Chemical analysis for N, P_2O_5, K_2O and Mn showed that Mn contents in seedlings were increased in proportion to the concentration of Mn in culture solution. The result obtained was Mn trace–2.13% in leaves and Mn trace–0.92% in roots. The Mn treatment greatly increased the uptake of nitrogen and slightly increased potassium but not phosphorous.

The simple trials for B, Cu, Zn, Mo, Co on rice seedlings were also conducted. Better growth of the seedlings were obtained at the optimum treatments of these minor elements. The treatment of higher concentration of copper and molybdenum seemed to depress the uptake of phosphorous, so did boron to the uptake of potassium.

第一次幼苗試驗



區號 No.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
處理Treatment	Mn ppm 0	Mn ppm 1	Mn ppm 2	Mn ppm 5	Mn ppm 20	Mn ppm 50	Mn ppm 100	Mn ppm 200	Mn ppm 500	Mn ppm 1000

第二次幼苗試驗

錳
Mn

NO Check Mn1 Mn2 Mn3

硼
B

NO Check B1 B2 B3

銅
Cu

NO Check Cu1 Cu2 Cu3

鋅
Zn

NO Check Zn1 Zn2 Zn3

鉬
Mo

NO Check Mo1 Mo2 Mo3

鈷
Co

NO Check Co1 Co2 Co3

區號 No.	NO	Check	Mn1	Mn2	Mn3	B1	B2	B3	Cu1	Cu2
處理Treatment ppm	water only	culture soln. only	Mn 0.5	Mn 2	Mn 10	B 0.1	B 1	B 5	Cu 0.02	Cu 0.1

區號 No.	Cu3	Zn1	Zn2	Zn3	Mo1	Mo2	Mo3	Co1	Co2	Co3
處理Treatment ppm	Cu 1	Zn 0.02	Zn 0.1	Zn 1	Mo 0.01	Mo 0.1	Mo 1	Co 0.01	Co 0.1	Co 1